

A műtrágyahatás és a talaj könnyen oldható táplálóanyag-tartalma, illetve termőképessége közötti összefüggés

KERESZTÉNY BÉLA

*Mezőgazdasági Akadémia, Kémia-Talajtani Tanszék,
Mosonmagyaróvár*

Egyik korábbi közlemény [6] megállapítása szerint a műtrágyahatás nem a talaj abszolút, hanem a többi táplálóanyag-tartalmak átlagához viszonyított relatív táplálóanyag-tartalmától függ. E közleményben azonban nem szerepeltek számszerű összefüggések a műtrágyahatások és a megfelelő relatív táplálóanyag-tartalmak között. Ezek nélkül pedig a várható műtrágyahatások nagyságát nem lehet kiszámítani. Egyébként is a gyakorlat számára leküzdhetetlen nehézséget jelentene, ha valamely műtrágya várható hatásának kiszámítása céljából meg kellene határoznunk a talajban mintegy 15 táplálóanyagot, hogy azok átlagát megállapíthassuk. Ezért további számításokat végeztünk, hogy egyszerűbb összefüggésekhez jussunk a várható műtrágyahatások hozzávetőleges kiszámítására.

Az összefüggések pontosabb meghatározására ismét Várallyay régebben közölt kísérleti adatait [12] használtam fel. Korrelációs számításokat végeztem a műtrágyahatások és az azokat befolyásoló tényezők között, és azt az összefüggést fogadtam el legmegfelelőbbnek, amely a legnagyobb korrelációs együtthatót adta. Természetesen ilyen módszerrel teljesen pontos szabályt nem lehet meghatározni, de a gyakorlat számára jól használható megközelítő összefüggést igen. A Várallyay által közölt adatok közül a nitrogénműtrágyázásra vonatkozókat a számításból kihagytam, mivel a következtetések és szántóföldi vizsgálatok tanúsága szerint [6, 7, 8] a talajvizsgálatnál használt nitrogénmeghatározási módszer [2] nem alkalmas a talaj tényleges nitrogénellátottságának a megállapítására. A számításoknál tehát csak a 2 q/kh szuperfoszfát és az 1 q/kh 40%-os kálisó termésfokozó hatását vizsgáltam az Egnér—Riehm, illetőleg a Nehring értékek [2], valamint egyéb tényezők függvényében. Várallyay említett kísérletei több jelzőnövényen folytak, ezek közül azonban csak a búzával és a burgonyával beállítottakat dolgoztam fel az összefüggések felderítése céljából, mivel csak ezekből állott rendelkezésre az ilyen jellegű számításokhoz szükséges elegendő számú adat. A feldolgozásra kerülő kísérletek közül kizártam azokat, amelyek savanyú kémhatású talajon folytak, hogy a talaj kémhatásának a műtrágyák érvényesülésére gyakorolt befolyását kiküszöbölhessem. Így csak olyan kísérletek kerültek feldolgozásra, amelyek 7,5—8,5 pH értékű talajokon folytak, azaz a Várallyay-féle csoportosításban a Duna-öntésen, a mezősegi vályogon és a lápi eredetű mezősegi vályogon beállított kísérletek.

A korrelációs együtthatók kiszámítására a következő képletet használtam:

$$r = \frac{\Sigma a \cdot b - 1/n \cdot \Sigma a \cdot \Sigma b}{\sqrt{\left(\Sigma a^2 - \frac{(\Sigma a)^2}{n}\right) \cdot \left(\Sigma b^2 - \frac{(\Sigma b)^2}{n}\right)}}$$

E képletben r a korrelációs együtthatót, „ a ” az egyik adatsor értékeit, „ b ” pedig a mások adatsor megfelelő értékeit jelenti, n az adatpárok száma. A korrelációs együtthatók hibáját az $mr = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$ képlet alapján számítottam. A Snedecor [11]

könyvében közölt táblázat alapján 95%-os valószínűséggel szignifikánsnak ítélt értékeket csillag jelzi. A kapott összefüggések az egyenes egyenletével közelíthetők meg legjobban: $y = ax + b$. Az egyenletekben szereplő a és b konstans értékeket a legkisebb négyzetek elve alapján a következő képletekkel számítottam ki:

$$a = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \quad b = \frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma xy}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

E képletekben x az egyik adatsor, y a másik adatsor megfelelő értékeit, n pedig az adatpárok számát jelenti.

Várallyaynak e számításokhoz felhasznált eredeti kísérleti és talajvizsgálati adatait az 1. táblázat tartalmazza. Gabonaneműeknél az összes termést, burgonyánál a gumótermést adtam meg.

Kiindulási alapul az előző közlemény megállapítását vettem. Eszerint a műtrágyahatások a talaj valamennyi táplálóanyag-tartalmainak átlagának négyzetgyökéhez viszonyított megfelelő táplálóanyag-tartalmától függenek. Tehát:

$$P = -A_p \cdot \frac{p}{\sqrt{a}} + B_p, \quad K = -A_k \cdot \frac{k}{\sqrt{a}} + B_k, \quad N = -A_n \cdot \frac{n}{\sqrt{a}} + B_n,$$

E képletekben P , K , N a szuperfoszfát, kálisó, illetőleg a pétisó hatását jelentik q/kh-ban kifejezve, p , k , n a megfelelő könnyen oldható foszfor-, káli-, illetőleg nitrogén-tartalmakat jelentik, a pedig az egyes táplálóanyag-tartalmak átlagát a vizsgált talajban. A és B konstans értékek. E képletek a gyakorlat számára használhatatlanok, mert egy várható műtrágyahatás kiszámítása céljából a vizsgált talajnak mind a 15 táplálóanyag-tartalmát meg kellene határozni. A képletek egyébként is hiányosak, mert az „ a ”-érték meghatározásánál a talaj táplálóanyag-tartalmán kívül tekintetbe kellene vennünk az egyéb termelési tényezők (pl. víz) nagyságát is.

Egyszerűbb és pontosabb összefüggés keresése céljából kiindulhatunk D w o r a k elméletéből [3]. Szerinte ugyanis a termés nagysága a termelési tényezők átlagának függvénye. Az a -érték helyett tehát használhatjuk a kezeletlen parcella termésének nagyságát „ T ”-t (esetleg annak négyzetgyökét vagy logaritmusát). Az egyelőre még csak vázlatos képleteket tehát így módosíthatjuk:

$$P = -A_p \frac{p}{\sqrt{T}} + B_p, \quad K = -A_k \frac{k}{\sqrt{T}} + B_k, \quad N = -A_n \frac{n}{\sqrt{T}} + B_n$$

Ezeket az egyelőre csak elméleti úton felállított képleteket kétféleképpen is értelmezhetjük. Felfoghatjuk úgy is, hogy a műtrágyahatások fordítva arányosak a szóban forgó talaj által nyújtott termelési tényezők átlagos nagyságához, azaz a kezeletlen parcella termésének nagyságához viszonyított relatív megfelelő táplálóanyag-tartalmakkal. De úgy is értelmezhetjük a képleteket, hogy a műtrágyahatások fordítva arányosak a megfelelő táplálóanyag-tartalmakkal és egyenesen arányosak a szóban forgó talaj termőképességével az adott időjárási viszonyok között. Ez utóbbira már eddig is többen rámutattak. Így Viljamsz szerint [14] valamelyik termelési tényező növelése a többi termelési tényezők hatásfokát is növeli. Ezt igazolja K e m e n e s y kísérlete [5] is, mely szerint a talaj szerkezetének javulása a szuperfoszfát hatékony-

1. táblázat

A számításokhoz felhasznált eredeti kísérleti és talajvizsgálati adatok

(1) Talaj típusa és száma	(2) Termesztett növény	(3) Ø Kezeletlen parcellák termése q/kh	„P” 2 q/kh szuperfoszfát	„K” 1 q/kh kálisó	„P” P ₂ O ₅ (Egnér—Richm)	„K” K ₂ O (Nehring)	pH
			hatására terméstöbblet a kontrol %-ában		értékek mg/100 g		
I. Dunaöntés							
1.	búza (b)	35	24	6	0,9	10,2	7,7
2.	búza (b)	32	24	3	0,7	7,6	8,1
3.	búza (b)	31	15	5	1,3	13,0	8,2
4.	búza (b)	36	24	4	1,3	10,6	8,0
5.	búza (b)	25	15	6	2,2	7,6	8,1
6.	búza (b)	25	11	0	5,2	8,0	7,8
7.	búza (b)	55	12	3	1,9	7,0	7,9
8.	zab (z)	40	18	2	1,5	10,0	—
9.	burgonya (B)	94	5	22	11,9	6,0	8,3
10.	burgonya (B)	84	1	57	10,0	5,5	8,3
13.	burgonya (B)	102	7	32	10,3	5,5	8,3
14.	burgonya (B)	59	4	44	10,1	6,0	8,3
15.	burgonya (B)	73	—2	25	5,0	5,3	—
16.	burgonya (B)	79	20	24	1,1	8,0	—
17.	burgonya (B)	81	9	12	0,5	9,0	—
18.	burgonya (B)	81	14	5	3,8	15,0	—
19.	burgonya (B)	112	14	18	2,6	10,0	8,4
20.	burgonya (B)	87	16	12	1,5	10,2	8,2
II. Fakószürke savanyú erdőtalaj és néhány Rébaöntés							
1.	rozs (r)	46	9	14	2,0	5,2	7,0
2.	búza (b)	56	9	0	1,3	6,0	5,5
3.	búza (b)	42	0	1	1,5	8,2	5,9
4.	búza (b)	48	8	4	1,4	6,2	6,7

1. táblázat folytatás

(1) Talaj típusa és száma	(2) Termesztett növény	(3) Ø Kezeletlen parcellák termése q/kh	„P” 2 q/kh szuperfoszfát	„K” 1 q/kh kálisó	„P” P ₂ O ₅ (Egner-Riehm)	„K” K ₂ O (Nehring)	pH
			hatására terméstöbblet a kontrol %-ában		értékek mg/100 g		
5.	búza (b)	46	5	8	1,7	7,8	6,4
6.	búza (b)	54	6	17	3,8	5,0	7,0
7.	búza (b)	42	8	5	1,3	17,0	6,6
8.	búza (b)	47	12	1	0,9	8,5	6,1
9.	búza (b)	40	22	3	0,9	20,0	6,5
10.	búza (b)	40	6	8	0,9	8,5	6,6
11.	búza (b)	30	6	8	1,1	9,1	7,0
12.	búza (b)	32	8	12	0,9	6,3	6,6
13.	búza (b)	38	19	4	0,9	10,3	7,0
14.	búza (b)	56	5	7	4,0	15,0	7,0
15.	búza (b)	47	3	18	4,0	10,3	7,1
16.	búza (b)	58	4	9	18,5	19,0	7,4
17.	búza (b)	37	6	3	2,0	8,5	6,3
18.	búza (b)	57	3	3	1,4	8,0	5,4
19.	rozs (r)	38	19	4	0,9	10,3	6,3
20.	árpa (á)	40	1	0	15,2	11,2	—
21.	árpa (á)	26	2	5	6,0	11,2	—
22.	rozs (r)	36	16	7	1,3	11,0	—
23.	búza (b)	48	12	3	0,8	8,0	6,0
24.	búza (b)	57	3	3	1,4	7,0	5,4
25.	búza (b)	27	9	3	2,5	18,0	6,7
26.	árpa (á)	37	13	16	1,2	11,0	6,5
30.	burgonya (B)	102	1	7	1,7	10,0	5,8
31.	burgonya (B)	49	2	16	2,2	16,1	7,2
32.	burgonya (B)	89	11	8	1,0	10,4	6,7
33.	burgonya (B)	85	5	11	1,0	11,0	6,8
34.	burgonya (B)	88	5	18	1,5	9,0	6,6

1. táblázat folytatás

(1) Talaj típusa és száma	(2) Termesztett növény	(3) Ø Kezeletlen parcellák termése q/kh	„P” 2 q/kh szuperfoszfát	„K” 1 q/kh kálsó	„p” P ₂ O ₅ (Egnér—Richm)	„k” K ₂ O (Nehring)	pH
			hatására terméstöbblet a kontrol %-ában		értékek mg/100 g		
35.	burgonya (B)	67	11	13	0,9	8,5	6,0
36.	burgonya (B)	68	9	8	1,0	8,1	6,1
37.	burgonya (B)	53	9	0	2,0	8,5	6,5
38.	burgonya (B)	44	11	24	0,2	11,0	6,5
III. Mezőségi vályog							
1.	búza (b)	31	21	1	4,0	12,5	—
2.	búza (b)	65	19	7	3,7	8,0	7,8
3.	búza (b)	33	7	1	6,0	13,5	8,4
4.	búza (b)	43	14	1	6,0	7,5	8,4
5.	zab (z)	53	4	10	3,0	6,2	—
6.	búza (b)	67	3	1	30,0	25,0	7,9
7.	búza (b)	101	3	5	30,0	26,0	7,8
8.	búza (b)	40	4	4	30,0	19,0	8,1
9.	búza (b)	22	65	14	0,7	18,0	—
10.	búza (b)	48	19	5	0,7	12,0	—
11.	búza (b)	33	20	6	1,7	15,0	—
12.	búza (b)	20	11	1	1,3	10,0	—
13.	búza (b)	45	15	4	3,3	25,0	8,2
14.	búza (b)	58	12	9	3,0	10,0	7,5
17.	burgonya (B)	63	4	6	4,0	12,5	8,0
18.	burgonya (B)	80	8	10	6,0	7,5	8,4
19.	kukorica (k)	42	0	4	6,0	13,5	8,4
IV. Savanyú lápi eredetű mezőségi vályog és néhány réti agyag							
1.	roz (r)	60	4	15	12,0	8,0	—
2.	rozs (r)	46	3	11	7,0	6,0	—

1. táblázat folytatás

(1) Talaj típusa és száma	(2) Termesztett növény	(3) Ø Kezeletlen parcellák termése q/kh	„P” 2 q/kh szuperfoszfát	„K” 1 q/kh kálisó	„D” P ₂ O ₅ (Egnér—Riehm)	„k” K ₂ O (Nehring)	pH
			hatására terméstöbblet a kontrol %-ában		értékek mg/100 g		
3.	búza (b)	53	8	6	16,0	9,0	—
4.	búza (b)	66	5	1	16,0	16,0	7,4
5.	búza (b)	37	5	5	11,0	12,5	—
6.	búza (b)	29	5	4	2,4	8,0	7,5
7.	rozs (r)	31	2	2	2,4	8,0	7,5
8.	árpa (á)	27	12	4	2,4	8,0	7,5
9.	búza (b)	80	7	14	9,3	10,0	6,7
V. Lápi eredetű mezőszégi vályog							
1.	búza (b)	72	2	11	5,8	16,0	7,6
2.	búza (b)	20	5	8	1,2	5,0	—
3.	búza (b)	65	5	4	2,0	9,0	7,8
4.	búza (b)	53	7	3	1,5	18,0	7,8
5.	búza (b)	39	4	0	6,5	14,0	7,9
6.	búza (b)	74	4	2	5,3	21,0	7,8
7.	zab (z)	32	3	13	3,1	7,0	—
8.	búza (b)	52	6	2	2,1	6,8	7,9
9.	búza (b)	63	1	3	1,9	8,0	8,2
10.	búza (b)	47	4	8	5,2	26,0	8,3
11.	búza (b)	32	4	16	1,4	8,0	8,1
12.	búza (b)	50	9	19	2,6	6,0	8,1
13.	búza (b)	34	5	4	1,5	8,3	—
14.	búza (b)	40	3	5	8,5	19,0	—
15.	búza (b)	40	0	8	7,0	14,0	—
16.	búza (b)	50	3	9	22,0	8,0	—
18.	árpa (á)	28	6	1	19,0	11,0	—
19.	árpa (á)	23	4	4	19,0	11,0	8,0

1. táblázat folytatás

(1) Talaj típusa és száma	(2) Termesztett növény	(3) Ø Kezeletlen parcellák termése q/kh	„P” 2 q/kh szuperfoszfát	„K” 1 q/kh kálisó	„P” P ₂ O ₅ (Egnér—Riehm)	„K” K ₂ O (Nehring)	pH
			hatására terméstöbblet a kontrol %-ában		értékek mg/100 g		
20.	burgonya (B)	60	3	7	20,0	22,0	8,0
21.	árpa (á)	30	1	9	20,0	22,0	7,9
23.	búza (b)	25	7	3	5,0	16,0	7,9
VI. Savanyú homok							
1.	búza (b)	45	7	5	0,4	5,0	—
2.	búza (b)	38	8	6	0,7	5,5	—
3.	rozs (r)	48	3	5	2,2	6,0	6,6
4.	árpa (á)	26	13	1	2,0	10,5	—
5.	árpa (á)	23	6	1	2,5	7,0	—
7.	burgonya (B)	61	0	0	1,0	5,0	—
8.	burgonya (B)	97	3	4	2,0	10,0	—
9.	burgonya (B)	64	10	11	2,0	10,0	—
10.	burgonya (B)	14	100	70	0,5	4,0	—
11.	burgonya (B)	128	1	8	2,0	10,5	6,6
12.	burgonya (B)	64	5	15	6,0	5,0	—
13.	kukorica (k)	25	2	5	2,5	7,0	6,4

ságát nagymértékben növelte. Arnold [1] szerint a talaj-könnyen oldható foszfortartalma szorosabb összefüggést mutat a kezeletlen parcella termésének a foszforműtrágyával kezelt parcella terméséhez viszonyított értékével, mint magával a terméstöbblettel. Képletéből némi átalakítás után kiderül, hogy foszforműtrágya által terület-egységenként okozott terméstöbbletek egyenesen arányosak a kezeletlen parcellák termésével és fordítva arányosak a talaj könnyen oldható táplálóanyag-tartalmával.

Az összefüggés további kivizsgálása céljából korrelációs együtthatókat számítottam a műtrágyahatások és a kezeletlen parcellák termésének nagysága között. A korrelációs együtthatókat a 2. táblázat tartalmazza.

A táblázat adatai azt mutatják, hogy általában pozitív összefüggés van a műtrágyahatások és a kezeletlen parcellák termésének nagysága között. Egy esetben ez az összefüggés szignifikáns is.

Tízszázatlan még az a kérdés, hogy milyen összefüggés van a műtrágyahatások és a talaj megfelelő táplálóanyag-tartalma között. E kérdésben eltérők a vélemények. Hanway és Dumenil [4] a Mitscherlich-féle képletek [10] alapján

arra a következtetésre jutottak, hogy egyenlő műtrágyaadag esetében a terméstöbblet logaritmusá fordítottan arányos a talaj táplálóanyag-tartalmával: $\log Y = a - cb$. Ezzel szemben Miller és Alexy [9] szántóföldi kísérletek alapján arra a követ-

2. táblázat

Korrelációs együtthatók az egyenlő műtrágyaadagok által okozott terméstöbbletek és a kezeletlen parcellák termésének nagysága között fennálló összefüggés jellemzésére

(1) Kálisóhatás		(2) Szuperfoszfáthatás	
(3) búza	(4) burgonya	(3) búza	(4) burgonya
+ 0,435*	+ 0,283	— 0,024	+ 0,077
± 0,103	± 0,174	± 0,127	± 0,188

keztetésre jutottak, hogy a foszforműtrágyahatások legjobb összefüggést a talaj könnyen oldható foszfortartalmának logaritmusával mutatnak. E kérdés eldöntésére korrelációs együtthatókat számoltam a műtrágyahatások és a talaj táplálóanyag-tartalma, valamint azok logaritmusai közötti összefüggés jellemzésére. A kapott értékeket a 3. táblázat tartalmazza.

A 3. táblázat adatai azt mutatják, hogy a legerősebb összefüggés az egyes műtrágyahatások és a megfelelő könnyen oldható táplálóanyag-tartalmak logaritmusai között van.

3. táblázat

Korrelációs együtthatók az egyenlő műtrágyaadagok által okozott terméstöbbletek (X) és a talajok megfelelő könnyen oldható táplálóanyag-tartalma (x) között fennálló összefüggés jellemzésére

(1) Összefüggés	(2) Kálisóhatás		(3) Szuperfoszfáthatás	
	(4) búza	(5) burgonya	búza	(5) burgonya
1. $X - x$	— 0,101 ± 0,183	— 0,665* ± 0,159	— 0,323 ± 0,151	— 0,582* ± 0,191
2. $\log X - x$	— 0,056 ± 0,183	— 0,744* ± 0,128	— 0,279 ± 0,151	— 0,552* ± 0,199
3. $X - \log x$	— 0,131 ± 0,183	— 0,743* ± 0,128	— 0,453* ± 0,134	— 0,611* ± 0,180
4. $\log X - \log x$	— 0,076 ± 0,183	— 0,858* ± 0,076	— 0,386* ± 0,140	— 0,592* ± 0,187

* Szignifikáns értékek.

Az eddigiek alapján nyilvánvalóvá vált, hogy a műtrágyahatások a kezeletlen parcellák termésének logaritmusával egyenes, a megfelelő könnyen oldható táplálóanyag-tartalmakkal pedig fordított arányban állnak. Hogy valóban fennáll-e ez a két összefüggés egyidejűleg is, annak kiszámítására újabb korrelációs számításokat végeztem a műtrágyahatások és a vizsgált talaj könnyen oldható táplálóanyag-tartalmának a

kezeletlen parcella termésének nagyságával alkotott hányadosa, illetőleg azok logaritmusának hányadosa között fennálló összefüggés megállapítása céljából. Ezeket az adatokat a 4. táblázat tartalmazza.

A táblázatban szereplő „ $x\bar{a}$ ” a kísérletek adataiból számított átlagos táplálóanyag-tartalmat, „ $T\bar{a}$ ” pedig a kísérleteknél szereplő kezeletlen parcellák termésének átlagát jelenti. Az Egnér—Riehm foszforértékek és a Nehring káliértékek átlagára vonatkozólag

4. táblázat

Korrelációs együtthatók az egyenlő műtrágyaadagok által okozott termésthöbbségek (X) és a talaj megfelelő könnyen oldható táplálóanyag-tartalma (x), továbbá a kezeletlen parcellák termésének nagysága (T) között

(1) Összefüggés	(2) Kálisóhatás		(3) Szuperfoszfáthatás	
	(4) búza	(5) burgonya	(4) búza	(5) burgonya
1. $X - \frac{x}{T}$	— 0,290 ± 0,172	— 0,616* ± 0,180	— 0,361* ± 0,146	— 0,576* ± 0,191
2. $\log X - \frac{x}{T}$	— 0,213 ± 0,177	— 0,774* ± 0,114	— 0,324 ± 0,151	— 0,570* ± 0,191
3. $X - \frac{\log x}{T}$	— 0,352* ± 0,161	— 0,644* ± 0,169	— 0,498* ± 0,122	— 0,674* ± 0,157
4. $\log X - \frac{\log x}{T}$	— 0,283 ± 0,172	— 0,788* ± 0,111	— 0,414* ± 0,134	— 0,668* ± 0,157
5. $X - \frac{\log x}{\log T}$	— 0,286 ± 0,172	— 0,738* ± 0,128	— 0,478* ± 0,128	— 0,636* ± 0,172
6. $\log X - \frac{\log x}{\log T}$	— 0,209 ± 0,178	— 0,893* ± 0,058	— 0,404* ± 0,144	— 0,621* ± 0,177
7. $X - \frac{\log 100x/x\bar{a}}{\log 100T/T\bar{a}}$	— 0,341* ± 0,161	— 0,728* ± 0,135	— 0,485* ± 0,128	— 0,671* ± 0,157
8. $\log X - \frac{\log 100x/x\bar{a}}{\log 100T/T\bar{a}}$	— 0,261 ± 0,172	— 0,862* ± 0,076	— 0,427* ± 0,134	— 0,654* ± 0,165

* Szignifikáns értékek.

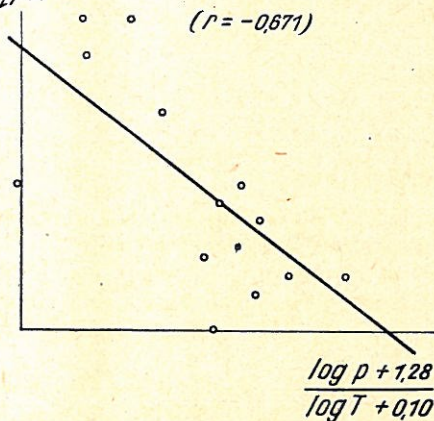
egyéb szakirodalmi adatok is találhatók, melyek a V á r a l l y a y -kísérletek megfelelő átlagaival megegyeznek [6, 13]. A táblázat 7. és 8. sorában az átlag százalékában kifejezett táplálóanyag-tartalom, illetőleg kezeletlen parcella termés logaritmusának viszonyát találjuk. Feltételezhető ugyanis, hogy e két különmemű mennyiség jobban összehasonlíthatóvá lesz, ha a százalékban kifejezett értékük logaritmusát vesszük. E feltételezést a korrelációs együtthatók megerősítik. A táblázat adatai közti különbségek általában nem szignifikánsak. A műtrágyahatásokkal a legszorosabb összefüggést

adó képletnek a $\frac{\log 100x/x\bar{a}}{\log 100T/T\bar{a}}$ mutatkozott. Minthogy pedig a korrelációs együtt-

ható egyenesvonalú összefüggés esetében a legnagyobb, feltételezhetjük, hogy a kapott összefüggés közelítőleg egyenesvonalú. Ennek grafikus bizonyítása, vagy szemléltetése az adatok erős szórása miatt még nagy korrelációs együttható esetében is nehéz, mint azt az 1. ábra mutatja.

A legkisebb négyzetek elve alapján kiszámítható az összefüggésnek legjobban megfelelő egyenes egyenlete. E számításokkal a következő egyenleteket kaptam:

Termés-
többlet
 q/kh



1. ábra

Összefüggés a burgonyakísérletek szuperfoszfát-hatásai és a talajra jellemző hányados között. E hányados számlálója a középérték százalékban kifejezett Egnér—Riehm foszfor-érték logaritmus, nevezője pedig az átlag-érték százalékában kifejezett kezeletlen parcella termésének logaritmus.

$$K_{\text{burgonya}} = -80,9 \frac{\log k + 0,97}{\log T + 0,10} + 94,7$$

$$P_{\text{burgonya}} = -15,7 \frac{\log p + 1,28}{\log T + 0,10} + 22,1$$

$$K_{\text{búza}} = -6,0 \frac{\log k + 0,97}{\log T + 0,32} + 9,2$$

$$P_{\text{búza}} = -7,7 \frac{\log p + 1,28}{\log T + 0,32} + 11,5$$

Az egyenletekben K , illetve P az $1q/kh$ kálisó, illetve a $2q/kh$ szuperfoszfát által okozott terméstöbbletet jelenti q/kh burgonya gumótermésben, illetve búza összes-termésben (szem- és szalmatermés együtt) kifejezve, k illetve p a talaj Nehring káli-, illetve Egnér—Riehm foszfortartalmát jelenti $mg/100$ g talaj értékben, T pedig a kezeletlen parcella termését (másszóval a vizsgált helyen műtrágyázás nélkül várható termés nagyságát) q/kh -ban kifejezve. A képletekben a logaritmus értékekhez adott számok egyszerűsítés céljából kerültek a képletekbe a megfelelő átlagértékek behelyette-

sítése útján. A $\log 100 T/Tá$ értéket például felírhatjuk a következőképpen is: $\log 100 + \log T - \log Tá$. Minthogy a burgonya átlagtermése a kísérletek adataiból számítva $80 q/kh$, azért ez esetben $Tá = 80$, $\log Tá = 1,90$; $\log 100 = 2,00$. Ezeket az értékeket behelyettesítve $\log 100 T/Tá = 2,00 + \log T - 1,90 = \log T + 0,10$. Így burgonya esetében a képletben a $\log 100 T/Tá$ kifejezés helyébe a $\log T + 0,10$ kifejezés került.

A megadott egyenletek természetesen csak $7,5 - 8,5$ pH értékű meszes talajok esetében alkalmazhatók. Segítségükkel jó közelítő pontossággal kiszámíthatjuk a várható műtrágyahatást, ha ismerjük a talaj könnyen oldható táplálóanyag-tartalmát és tudjuk, hogy körülbelül hány q/kh termésre számíthatunk a szóbanforgó talajon műtrágyázás nélkül. Az így számított műtrágyahatások pontosságát az 5. táblázat mutatja, ahol a képletek segítségével kiszámított és a tényleges terméstöbbletek szerepelnek. A táblázat a tényleges és a számított műtrágyahatások között a legnagyobb és a legkisebb korrelációt mutató adatokat tartalmazza összehasonlítás végett.

Az 5. táblázat adatai azt mutatják, hogy még a kis korrelációt mutató búzakísérletek esetében is a gyakorlat számára használhatók e képletek.

5. táblázat

Számított és tényleges kálisóhatások összehasonlítása

(1) q/kh burgonyagumó ($r = -0,728$)		(2) q/kh búza összes termés (szem és szalma) ($r = -0,341$)			
(3) Számított	(4) Tényleges	(3) Számított	(4) Tényleges	(3) Számított	Tényleges
26	21	3	2	4	0
26	48	3	1	3	1
29	33	2	2	3	5
19	26	3	1	2	2
20	20	3	2	2	2
16	11	3	0	4	5
7	4	4	2		
19	8	4	5		
-5	4	2	0		

Összefoglalás

V á r a l l y a y [12] közleményében szereplő kísérleti és talajvizsgálati adatokat korreláció számításokkal értékelve az alábbi következtetéseket lehet levonni:

1. Az egyenlő műtrágya-adagok által okozott terméstöbbletek nagysága határozott pozitív összefüggést mutat a kezeletlen parcellák termésével, azaz a talaj adott időjárási viszonyok között tanúsított termőképességével. Az összefüggés valószínűleg logaritmikus.

2. A kísérleti adatok H a n w a y és D u m e n i l [4] azon megfigyelését támasztják alá, mely szerint a foszforműtrágyahatások a legerősebb összefüggést a könnyen oldható foszfortartalom logaritmusával mutatnak. Hasonlóképpen a kálisó által okozott terméstöbbletek a legszorosabb összefüggést a megfelelő Nehring-káli értékek logaritmusával adták, ha a műtrágyahatásokat csak ezen egyetlen tényezővel hasonlítottuk össze.

3. A D w o r a k [3] elmélete alapján feltételezett összefüggés a műtrágyahatások és a talaj könnyen oldható táplálóanyagtartalmának a talaj termőképességéhez viszonyított relatív értéke között a számítások során beigazolódott.

4. A műtrágyahatások legszorosabb korrelációt egy olyan törttel mutatták, melynek számlálója a középérték százalékában kifejezett könnyen oldható táplálóanyag tartalom logaritmusa, nevezője pedig az átlagérték százalékában kifejezett kezeletlen parcella termésének logaritmusa.

5. A közölt egyenletek meszes, 8,5 pH értéket meg nem haladó talajok esetében jól használhatók a várható műtrágyahatások megközelítő kiszámítására.

Érkezett: 1957. október 30.

Irodalom

- [1] Arnold, Ch. J. & Schmidt, W. A.: Soil tests as a measure of phosphorus available to tomatoes on heavy soils. Soil Sci. 71. 105. 1956.
- [2] Ballenegger, R.: Talajvizsgálati módszerkönyv. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1953.
- [3] Dworak, L.: A növénytermelés törvénye. Növényterm. Kut. 6. 1. 1949.
- [4] Hanway, J. & Dumenil, L.: Predicting nitrogen fertilizer needs of Iowa soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19. 77. 1955.
- [5] Kemenes, E.: Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1956.
- [6] Keresztény, B.: Törvényszerűségek a műtrágyahatásokban. Agrokémia és Talajtan. 4. 365. 1955.
- [7] Keresztény, B. & Csók, J.: A talajok ammónium- és nitrát-nitrogéntartalmának változásai az év hidegebb felében. Mosonmagyaróvári Mezőg. Akad. Köz. 1. 10. 1958.

- [8] Keresztény, B.: A növényfajok és a talajtípusok befolyása a műtrágyahatásokra. Agrokémia és Talajtan. Megjelenés alatt. 1958.
- [9] Miller, J. R. & Asley, J. H.: Correlation of chemical soil tests for available phosphorus with crop response including a proposed method. Soil Sci. 82. 117. 1956.
- [10] Mitscherlich, A.: Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Parey. Berlin. 1924.
- [11] Snedecor, C. W.: Statistical Methods. The Iowa State College Press. Ames Iowa. 1957.
- [12] Várallyay, Gy.: A műtrágyázást irányító kísérletek és vizsgálatok. Agrokémia 2. 287. 1950.
- [13] Várallyay, Gy. & Keresztény, B.: Északdunántúli talajvizsgálati adatok kiértékelése. Agrokémia és Talajtan. 2. 173. 1953.
- [14] Viljamsz, V. R.: Talajtan. Akadémiai kiadó. Budapest. 1950.

СВЯЗЬ МЕЖДУ ВЛИЯНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С СОДЕРЖАНИЕМ ЛЕГКО-РАСТВОРИМЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЧВЫ И ПЛОДОРОДНОСТЬЮ ПОЧВЫ

Б. Керестень

Кафедра химии и почвоведения с.х. Академии Мошоншадьяровар (Венгрия)

Резюме

Автор проводил вычисления корреляции между данными урожайности и анализа почвы, взятыми из статей *Варалли*, для установления связи между влиянием минеральных удобрений и данными почвенного анализа. Автор вычислил корреляционные коэффициенты, характеризующие связь между влиянием суперфосфата и калийной соли, выраженным в ц/хольд, так же между содержанием питательных веществ в почве и урожайностью неудобренных делянок, а так же между частными от деления и логорифмами. Наиболее соответствующей считается та связь, которая дает наибольшие коэффициенты корреляции. Поскольку эти связи были примерно прямые, поэтому теория прямых для нее является действительной. Константные величины вычислялись исходя из величины наименьших квадратов. Корреляционные коэффициенты дали основу сделать следующие выводы:

1. Величина прибавки в урожай при применении одинаковых доз калийной соли и суперфосфата показала определенную положительную связь по отношению урожайности неудобренных делянок, т. е. по отношению плодородности почвы в конкретных климатических условиях. Эта связь является наверно логарифмической.

2. Опытные данные подчеркивают те наблюдения *Нанвай I. Dumenil* ю. согласно которым влияние фосфорных удобрений имеет наибольшую связь с логарифмом содержания легкорастворимых фосфорных соединений. Подобно этому, прибавки в урожай под влиянием калийных солей показывают самую тесную связь с логарифмом содержания калия по *Нерингу*, если влияние минеральных удобрений сравнивается только с одним фактором (содержанием легко доступных питательных веществ в почве).

3. В ходе расчетов доказалась правильность предположений, на основе теории Дворака, связи между влиянием минеральных удобрений и относительной величиной содержания легко-растворимых питательных веществ почвы по отношению к ее плодородности.

4. Влияние минеральных удобрений показали самую тесную связь с такой дробью, в числителе которой стоит логарифм содержания питательных веществ, выраженной в % от средних величин, а в знаменателе ее стоит логарифм урожая неудобренной делянки, выраженной в % от средней величины.

5. Уровнения, вычисленные на основе наименьших квадратов являются следующими:

$$K_{\text{картофель}} = -80,9 \frac{\log k + 0,97}{\log T + 0,10} + 94,7$$

$$P_{\text{картофель}} = -15,7 \frac{\log p + 1,28}{\log T + 0,10} + 22,1$$

$$K_{\text{пшеница}} = -6,0 \frac{\log k + 0,97}{\log T + 0,32} + 9,2$$

$$P_{\text{пшеница}} = -7,7 \frac{\log p + 1,28}{\log T + 0,32} + 11,5$$

6. Эти уровнения могут быть применены в случае карбонатных почв с величиной pH не выше 8,5 для приблизительного вычисления ожидаемого влияния минеральных

удобрений. В этих уровнях К и Р обозначают прибавки в урожай при применении 1 ц/хольд калийной соли или 2 ц/хольд суперфосфата в случае урожая клубней картофеля или общего урожая пшеницы (зерно и солома вместе) выраженном в ц/хольд. Знаки к и р обозначают содержания калия в почве по *Нерингу* или содержания фосфора по *Эгнер—Риму* — в мг/100 гр почвы, знак Т обозначает урожай неудобренной делянки, т. е. величину урожая без применения минеральных удобрений в ц/хольд.

Таблица 1. Данные урожайности и почвенного анализа, использованные для вычислений. (1) Почвенный тип и номер его. (почвенные типы: I. Пойменные почвы Дуная. II. Кислая серая лесная почва и некоторые пойменные почвы р. Раба. III. Черноземный суглинок. IV. Черноземный кислый суглинок болотного происхождения и некоторые луговые глины. V. Карбонатный черноземный суглинок торфяно-болотного происхождения. VI. Кислый песок.) (2) Возделываемые растения (б: пшеница, г: рожь, а: ячмень, з: овес, В: картофель, к: кукуруза). Ø — урожай неудобренных делянок ц/хольд (у зерновых общий урожай, у картофеля урожай клубней) «Р» — две центнера/хольд суперфосфата и «К» один ц/хольд калийной соли и их влияние в % от урожая контрольных делянок.

Таблица 2. Корреляционные коэффициенты для характеристики связи между прибавками в урожай под влиянием одинаковых доз удобрений и величины урожая неудобренных делянок. (1) Влияние калийной соли (2) Влияние суперфосфата (3) Пшеница (4) Картофель.

Таблица 3. Корреляционные коэффициенты для характеристики связи между прибавками в урожай под влиянием одинаковых доз удобрений (X) и соответствующим содержанием легко растворимых веществ в почве. (х). (1) Связь (2) Влияние калийной соли (3) Влияние суперфосфата (4) Пшеница (5) Картофель.

Таблица 4. Корреляционные коэффициенты для характеристики связи между прибавками в урожай под влиянием одинаковых доз удобрений (X) и соответствующим содержанием легко-растворимых веществ в почве (х), а так-же между величиной урожая неудобренных делянок (Т). (1) связь (2) влияние калийной соли (3) влияние суперфосфата (4) Пшеница (5) Картофель. Знак «х» обозначает среднее содержание питательных веществ в почве, знак «Т» обозначает средний урожай неудобренных делянок.

Таблица 5. Сравнения вычисленного и фактического влияния калийной соли. (1) Урожай клубней картофеля в ц/хольд (2) Общий урожай пшеницы (зерно + солома) в ц/хольд (3) вычисленное (4) фактическое.

Рисунок 1. Связь между влиянием суперфосфата на картофель и дробью, характеризующей данную почву. В числителе этой дроби стоит логарифм содержания фосфора по *Эгнер—Риму* — в % от средних величин, в знаменателе стоит логарифм урожая неудобренной делянки в % от средних величин. (1) Прибавка в урожай ц/хольд.

L'interdépendance des effets des engrais chimiques de la teneur du sol en matières nutritives facilement solubles et de la fertilité du sol

B. KERESZTÉNY

Chaire de chimie et pédologie de l'Académie Agronomique,
Mosonmagyaróvár (Hongrie)

Résumé

J'ai fait des calculs de corrélation avec les données des expériences de fumure en plain champ et les données de l'analyse des sols décrites dans un travail de Gy. Várallyay, il y a un certain temps, pour trouver des corrélations entre l'effet des engrais et les données de l'analyse des sols. J'ai calculé les coefficients de corrélation caractérisant la relation existant entre les effets du superphosphate et du sel potassique, exprimés en quintaux par arpent (0,58 ha), ainsi que la teneur du sol en matières nutritives, le rendement de la parcelle non fumée, leur quotient et leur logarithme. Parmi les interdépendances j'ai pris comme la plus conforme celle qui a donné le coefficient de corrélation le plus élevé. Comme les interdépendances se sont montrées approximativement linéaires l'on a pu leur appliquer l'équation de la ligne droite. J'ai calculé les valeurs des constantes y figurant d'après le principe des moindres carrés. Les coefficients de corrélation obtenus ont permis de tirer les conclusions suivantes :

1. La grandeur des excédents de rendement obtenus par les doses égales d'engrais, au cas de l'emploi du sol potassique et du superphosphate, a montré une corrélation nette positive avec le rendement de la parcelle non traitée, c'est-à-dire avec la fertilité du sol dans les conditions météorologiques données. L'interdépendance est probablement logarithmique.

2. Les données des expériences soutiennent l'observation de J. Hanway et L. Dumenil selon laquelle la corrélation des effets des engrais phosphoriques est la plus élevée avec le logarithme de la teneur en acide phosphorique facilement soluble. Pareillement les augmentations de rendement causées par le sel potassique présentent la corrélation la plus étroite avec le logarithme de la valeur de potasse Nehring correspondante, si l'on ne compare l'effet de l'engrais qu'avec un seul facteur (la teneur du sol en matière nutritive facilement soluble).

3. La corrélation supposée d'après l'hypothèse de L. Dworak entre les effets des engrais et la teneur du sol en matières nutritives facilement solubles relativement à la fertilité du sol a trouvé un appui au cours des calculs.

4. Les effets des engrais présentent la corrélation la plus étroite avec une fraction, dont le numérateur est le logarithme de la teneur en matière nutritive exprimée en pour cent de la valeur moyenne, et le dénominateur le logarithme du rendement de la parcelle non traitée exprimé en pour cent de la valeur moyenne.

5. Les équations calculées d'après le principe des moindres carrés sont les suivantes :

$$\begin{aligned} K_{\text{pomme de terre}} &= -80,9 \frac{\log k + 0,97}{\log T + 0,10} + 94,7 \\ P_{\text{pomme de terre}} &= -15,7 \frac{\log p + 1,28}{\log T + 0,10} + 22,1 \\ K_{\text{blé}} &= -6,0 \frac{\log k + 0,97}{\log T + 0,32} + 9,2 \\ P_{\text{blé}} &= -7,7 \frac{\log p + 1,28}{\log T + 0,32} + 11,5 \end{aligned}$$

6. Les équations citées peuvent bien être employées, dans le cas de sols dont la valeur pH ne dépasse pas 8,5, pour le calcul approximatif des effets d'engrais à attendre. Dans les équations K et P, respectivement, signifient l'excédant de rendement causé par 1 q/0,58 ha de sel potassique et de 2 q/0,58 ha de superphosphate, respectivement, pour la pomme de terre en q/0,58 ha de tubercule et pour le blé en récolte totale (grain et paille), „k” et „p” signifient, respectivement, la teneur en potasse du sol selon Nehring et la teneur en acide phosphorique selon Egnér—Riehm en mg/100 g de sol. C'est le rendement de la parcelle non traitée (c'est-à-dire le rendement auquel on peut s'attendre au lieu de l'expérience sans l'emploi d'engrais), exprimé en q/0,58 ha.

Tabl. 1. Les données originales des expériences et des analyses de sol employées dans les calculs. (1) Type du sol et son numéro (Types des sols : I. Sol alluvionnaire du Danube. II. Sol forestier gris acide et quelques sols formés d'alluvions du fleuve Rába. III. Terre franche de steppe. IV. Terre franche de steppe acide d'origine marécageuse et quelques de prairies. V. Terre franche calcaire d'origine marécageuse. VI. Sable acide). (2) Plante cultivée (b : blé, r : seigle, á : orge, z : avoine, B : pomme de terre, K : maïs). Ø rendement des parcelles non traitées en q/0,58 ha (pour les céréales le rendement total, pour la pomme de terre les tubercules). „P” l'effet de 2 q/0,58 ha de superphosphate, „K” l'effet de 1 q/0,58 ha de sel de potasse exprimé en pour cent du rendement des parcelles non traitées.

Tabl. 2. Coefficients de corrélation pour caractériser la dépendance entre les excédants de rendement causés par des doses égales d'engrais et les rendements des parcelles non traitées. (1) Effet du sel de potasse. (2) Effet du superphosphate. (3) Blé. (4) Pomme de terre.

Tabl. 3. Coefficients de corrélation pour caractériser la dépendance entre les excédants de rendement causés par les doses égales d'engrais (X) et la teneur du sol en matière nutritive facilement soluble correspondante (x). (1) Interdépendance. (2) Effet du sel de potasse. (3) Effet du superphosphate. (4) Blé. (5) Pomme de terre.

Tabl. 4. Coefficients de corrélation pour caractériser les excédants de rendement causés par les doses égales d'engrais (X) et la teneur du sol en matière nutritive facilement soluble correspondante (x), ainsi que les rendements des parcelles non traitées (T). (1) Interdépendance. (2) Effet du sel de potasse. (3) Effet du superphosphate. (4) Blé. (5) Pomme de terre. „xá” signifie la teneur en matière nutritive moyenne calculée d'après les données des expériences, „Tá” la moyenne des rendements des parcelles non traitées faisant partie de l'expérience.

Tabl. 5. Comparaison des effets calculés et observés des effets dûs au sel potassique. (1) q/0,58 ha de tubercules de pomme de terre. (2) q/0,58 ha rendement de blé (grains et paille) (3) Calculé. (4) Observé.

Fig. 1. Rapport entre les effets dûs au superphosphate dans les essais avec de la pomme de terre et le coefficient caractéristique pour le sol. Le numérateur du coefficient est le logarithme de la valeur Egnér—Riehm pour l'acide phosphorique exprimée en pour cent de la valeur moyenne, son dénominateur est le logarithme du rendement de la parcelle non traitée exprimé en pour cent de la valeur moyenne. (1) Excédant de rendement q/0,58 ha.